



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 63 005 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
H 02 N 2/02
F 02 M 51/06

②1 Aktenzeichen: 101 63 005.0
②2 Anmeldetag: 20. 12. 2001
④3 Offenlegungstag: 10. 10. 2002

DE 101 63 005 A 1

③0 Unionspriorität:
P 00-400204 28. 12. 2000 JP

⑦1 Anmelder:
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

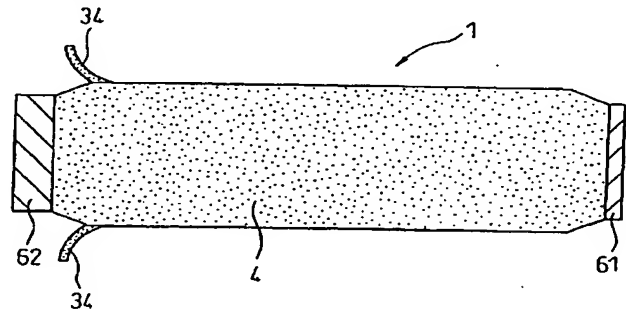
⑦4 Vertreter:
Tiedtke, Bühlung, Kinne & Partner GbR, 80336
München

⑦2 Erfinder:
Kawazoe, Naoyuki, Kariya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Piezoelektrische Vorrichtung und deren Herstellungsverfahren

⑤7 Eine gestapelte piezoelektrische Vorrichtung 1 mit einer Vielzahl von aufeinander gestapelten piezoelektrischen Schichten hat ein Anstoßelement 61, 62, das in direkten Anstoß mit zumindest einer Endseite 101, 102 der piezoelektrischen Vorrichtung 1 in einer Dehnungsrichtung gebracht wird, und ein Beschichtungselement 4, das elektrisch isolierende Eigenschaften hat und das einen Anstoßabschnitt 60 zwischen dem Anstoßelement 61, 62 und der piezoelektrischen Vorrichtung 1 abdeckt, so dass die Anstoßbedingung des Anstoßelements und der piezoelektrischen Vorrichtung aufrechterhalten werden kann.



DE 101 63 005 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine piezoelektrische Vorrichtung zur Verwendung als eine Antriebsquelle für eine Einspritzvorrichtung.

[0002] Einspritzvorrichtungen (Kraftstoffeinspritzvorrichtungen) für einen Fahrzeugverbrennungsmotor sind so aufgebaut, dass sie beispielsweise durch Setzen von Düsenadeln auf offene Bedingungen durch Abwandeln des an den Düsenadeln wirkenden Drucks durch Schalten der Öffnungs-/Schließbedingungen der Kraftstoffdurchgänge durch Bewegen von Ventilelementen von mit einer gemeinsamen Leitung (common rail), in der ein Hochdruckkraftstoff gesammelt wird, verbundenen Drei-Wege- oder Zwei-Wege-Ventilen Kraftstoff einspritzen.

[0003] Dabei werden allgemein elektromagnetische Ventile als Antriebsquellen zum Bewegen der Ventilelemente verwendet.

[0004] Andererseits gibt es Bemühungen, piezoelektrische Vorrichtungen als die Antriebsquellen zu verwenden, um die Kraftstoffeinspritzbedingungen wiederum durch feines Steuern der Antriebsquellen genau zu steuern.

[0005] Jedoch wurde bisher noch keine Einspritzvorrichtung in die Praxis umgesetzt, die eine piezoelektrische Vorrichtung einsetzt.

[0006] Das liegt daran, dass die piezoelektrischen Vorrichtungen für Einspritzvorrichtungen hinsichtlich der Größe kompakt sein müssen sowie einfach und gleichbleibend in großer Menge herstellbar sein müssen, während die Qualität sichergestellt wird.

[0007] Die japanische ungeprüfte Gebrauchsmusteroffenlegungsschrift (U.M. Kokai) Nr. 55-71571 offenbart eine herkömmliche piezoelektrische Vorrichtung. Wie in Fig. 18 gezeigt ist, ist bei dieser herkömmlichen piezoelektrischen Vorrichtung eine Isolationsschutzschicht 95, die aus einem elastischen Epoxidharz besteht, um den äußeren Umfang einer piezoelektrischen Vorrichtung 9 angeordnet, und weiters metallische Blöcke 96, die hinsichtlich des Durchmessers größer als die piezoelektrische Vorrichtung sind, an beide Enden der piezoelektrischen Vorrichtung in ihre Dehnungsrichtung angeordnet.

[0008] Mit dieser herkömmlichen piezoelektrischen Vorrichtung erzeugt das Vorsehen der metallischen Blöcke 96 eine Verschwendung von Platz an einem Installationsraum an der Einspritzvorrichtung, wo die piezoelektrische Vorrichtung eingebaut wird, und daher kann die herkömmliche piezoelektrische Vorrichtung den Bedarf nach Verkleinerung der Einspritzvorrichtung nicht erfüllen.

[0009] Da außerdem die metallischen Blöcke 96 an der piezoelektrischen Vorrichtung angeordnet zu werden brauchen, nachdem die Isolationsschutzschicht 95 daran vorgesehen ist, wird der Zusammenbau der piezoelektrischen Vorrichtung an der Einspritzvorrichtung komplex. Außerdem gibt es, wie in Fig. 19 gezeigt ist, einen Nachteil dahingehend, dass nicht notwendige vorstehende Abschnitte 959 an einem Ende der piezoelektrischen Vorrichtung ausgebildet werden, wenn die Isolationsschutzschicht 95 ausgebildet wird.

[0010] Des weiteren muss ein Klebstoff verwendet werden, um Anstoßelemente, wie zum Beispiel die metallischen Blöcke, einstückig an oberen und unteren Flächen der piezoelektrischen Vorrichtung zu fixieren. Für diesen Fall wird jedoch die Dehnungsbewegung der piezoelektrischen Vorrichtung über den Klebstoff übertragen, und daher kann das die Gefahr ergeben, dass die erzeugte Kraft verloren geht.

[0011] Die Erfindung wurde im Lichte der vorstehend genannten herkömmlichen Nachteile entwickelt, und es ist ihre Aufgabe, eine piezoelektrische Vorrichtung zu schaf-

fen, die hinsichtlich der Abmessung kompakt ist und einfach herzustellen ist, und die eine hervorragende erzeugte Kraft bereitstellt.

[0012] Gemäß der Erfindung ist eine gestapelte piezoelektrische Vorrichtung vorgesehen, die eine Vielzahl von piezoelektrischen Schichten und Elektrodenschichten aufweist, die abwechselnd gestapelt sind, wobei die gestapelte piezoelektrische Vorrichtung gekennzeichnet ist durch das Vorsehen eines Anstoßelements, das in direktem Anstoß mit zumindest einer Endseite der piezoelektrischen Vorrichtung in ihre Dehnungsrichtung gebracht ist, und eines Beschichtungselements mit elektrisch isolierenden Eigenschaften, das zumindest einen Teil des Anstoßabschnitts zwischen dem Anstoßelement und der piezoelektrischen Vorrichtung so bedeckt, dass der Zustand erhalten bleibt, bei dem das Anstoßelement und die piezoelektrische Vorrichtung in Anstoß miteinander sind.

[0013] Wie vorstehend beschrieben ist, wird erfindungsgemäß das Anstoßelement in Anstoß mit der Endseite der piezoelektrischen Vorrichtung in ihre Ausdehnungsrichtung gebracht, und der Anstoßzustand wird mit dem Beschichtungselement erhalten.

[0014] Da kein Klebstoff zwischen dem Anstoßelement und der piezoelektrischen Vorrichtung zwischengesetzt ist, wird dadurch gestattet, dass die Dehnungsbewegung der piezoelektrischen Vorrichtung direkt auf das Anstoßelement übertragen wird, wodurch eine hervorragende erzeugte Kraft erhalten werden kann. Da außerdem die Verbindungsbedingung des Anstoßelements und des piezoelektrischen Elements durch das Beschichtungselement erhalten wird, können das Anstoßelement und die piezoelektrische Vorrichtung als ein Stück einfach gehandhabt werden, wobei dadurch die Herstellung vereinfacht wird.

[0015] Darüber hinaus stellt das Vorsehen des Anstoßelements sicher, dass verhindert wird, dass das Beschichtungselement von der Endseite der piezoelektrischen Vorrichtung in ihre Ausdehnungsrichtung vorsteht, wenn das Beschichtungselement angeordnet wird, was die Herstellung der piezoelektrischen Vorrichtung weitergehend vereinfacht.

[0016] Somit ist erfindungsgemäß eine piezoelektrische Vorrichtung vorgesehen, die hinsichtlich der Größe kompakt ist und einfach herstellbar ist, und die eine hervorragende erzeugte Kraft bereitstellt.

[0017] Als nächstes ist erfindungsgemäß ein Verfahren zum Herstellen einer gestapelten piezoelektrischen Vorrichtung mit einer Vielzahl von piezoelektrischen Schichten und Elektrodenschichten vorgesehen, die abwechselnd gestapelt werden, wobei das Verfahren die Schritte des Anstoßberührens (In-Anstoß-Bringens) eines Elements in direkten Anstoß mit zumindest einer Endseite der piezoelektrischen Vorrichtung in ihrer Dehnungsrichtung und Klemmen der piezoelektrischen Vorrichtung mit einem Paar Klemmvorrichtungen von beiden Enden der piezoelektrischen Vorrichtung in ihre Dehnungsrichtung, darauf Zuführen eines Beschichtungsmaterials mit einer Fluidität bzw. Fließfähigkeit zu zumindest einem äußeren Umfang des Anstoßabschnitts des Anstoßelements zu der piezoelektrischen Vorrichtung, und Zulassen, dass sich das Beschichtungsmaterial absetzt bzw. aushärtet, um dadurch ein Beschichtungselement zum Erhalten der Anstoßbedingung des Anstoßelements an die piezoelektrische Vorrichtung auszubilden, aufweist.

[0018] Betreffend das erfindungsgemäße Verfahren wird die Verwendung des Anstoßelements und der piezoelektrischen Vorrichtung mit dem Beschichtungselement ohne Verwenden eines Klebstoffs sichergestellt, wodurch es möglich wird, eine hervorragende piezoelektrische Vorrichtung zu erhalten.

[0019] Verschiedene Verfahren können als das Verfahren

zum Zuführen des Beschichtungsmaterials verwendet werden und diese umfassen das Auftropfen durch eine Verteilereinrichtung, Beschichten durch einen Walzenbeschichter, Aufsprühen, Eintauchen und dergleichen. Die Erfindung kann vollständiger aus der Beschreibung ihrer bevorzugten Ausführungsbeispiele, die nachstehend vorgestellt werden, gemeinsam mit den beigelegten Zeichnungen verstanden werden.

[0020] Fig. 1A ist eine Seitenansicht einer piezoelektrischen Vorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung und Fig. 1B ist eine Schnittansicht davon;

[0021] Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht der piezoelektrischen Vorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0022] Fig. 3A und 3B sind Draufsichten einer piezoelektrischen Schicht bzw. einer internen Elektroden-schicht der piezoelektrischen Vorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung und Fig. 3C ist eine perspektivische Explosionsansicht, die Stapelbedingungen der piezoelektrischen Schichten und der internen Elektroden-schichten zeigt;

[0023] Fig. 4 ist eine erläuternde Ansicht, die einen Vorgang zum Anstoßberühren von Anstoßelementen in Anstoß mit der piezoelektrischen Vorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt;

[0024] Fig. 5 ist eine erläuternde Ansicht, die einen Vorgang zum Zuführen eines Beschichtungsmaterials zeigt, wobei die Anstoßelemente in Anstoß mit der piezoelektrischen Vorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung sind;

[0025] Fig. 6 ist eine erläuternde Ansicht, die einen Vorgang zum Aushärten des Beschichtungsmaterials zeigt, das zu der piezoelektrischen Vorrichtung zum Setzen zugeführt wird, gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0026] Fig. 7 ist eine erläuternde Ansicht, die einen Vorgang zum Entfernen von Fixiereinrichtungen von der piezoelektrischen Vorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt;

[0027] Fig. 8 ist eine Schnittansicht eines abgewandelten Beispiels der piezoelektrischen Vorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0028] Fig. 9 ist eine Schnittansicht eines weiteren abgewandelten Beispiels der piezoelektrischen Vorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0029] Fig. 10 ist eine Schnittansicht einer piezoelektrischen Vorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0030] Fig. 11 ist eine Schnittansicht einer piezoelektrischen Vorrichtung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0031] Fig. 12 ist eine Schnittansicht einer piezoelektrischen Vorrichtung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0032] Fig. 13 ist eine Seitenansicht eines abgewandelten Beispiels der piezoelektrischen Vorrichtung gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0033] Fig. 14 ist eine Seitenansicht eines weiteren abgewandelten Beispiels der piezoelektrischen Vorrichtung gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0034] Fig. 15 ist ein weiteres abgewandeltes Beispiel der piezoelektrischen Vorrichtung gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0035] Fig. 16 ist eine erläuternde Ansicht, die den Aufbau einer Einspritzvorrichtung gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt;

[0036] Fig. 17A bzw. 17B zeigen Querschnittskonfigurationen einer piezoelektrischen Vorrichtung gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei Fig.

17A eine piezoelektrische Vorrichtung mit einem polygonalen Querschnitt zeigt und Fig. 17B eine piezoelektrische Vorrichtung mit einem tonnenförmigen Querschnitt zeigt; [0037] Fig. 18 ist eine erläuternde Ansicht, die eine herkömmliche piezoelektrische Vorrichtung zeigt; und [0038] Fig. 19 ist eine erläuternde Ansicht, die ein mit der Herstellung der herkömmlichen piezoelektrischen Vorrichtung verknüpft Problem zeigt.

Erstes Ausführungsbeispiel

[0039] Eine piezoelektrische Vorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird unter Bezugnahme auf die Fig. 1A bis 7 beschrieben.

[0040] Wie in den Fig. 1A, 1B gezeigt ist, ist eine piezoelektrische Vorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung eine piezoelektrische Vorrichtung der Stapelbauart mit einer Vielzahl von piezoelektrischen Schichten 11, die aufeinander gestapelt sind. Die piezoelektrische Vorrichtung hat ein Anstoßelement 61, 62, das in direktem Anstoß mit zumindest einer Endseite der piezoelektrischen Vorrichtung 1 in ihrer Dehnungsrichtung gebracht ist, und ein Beschichtungsmaterial 4, das elektrisch isolierende Eigenschaften hat, das zumindest einen Teil des Anstoßabschnitts zwischen dem Anstoßelement 61, 62 und der piezoelektrischen Vorrichtung 1 so bedeckt, dass die Anstoßbedingung des Anstoßelements an der piezoelektrischen Vorrichtung aufrechterhalten wird. Es ist anzumerken, dass Fig. 1A eine Seitenansicht der piezoelektrischen Vorrichtung 1 und

[0041] Fig. 1B eine Schnittansicht davon ist.

[0042] Die gemäß vorstehender Beschreibung aufgebaute piezoelektrische Vorrichtung wird nachstehend genau beschrieben.

[0043] Wie in den Fig. 2 und 3A bis 3C gezeigt ist, sind an der piezoelektrischen Vorrichtung 1 interne Elektroden-schichten 21, 22 zwischen den piezoelektrischen Schichten 11 derart ausgebildet, dass positive und negative Elektroden abwechselnd gebildet sind. Wie in den gleichen Figuren gezeigt ist, sind die internen Elektroden-schichten 21 derart angeordnet, dass sie einer Seite 101 der Schicht 11 ausgesetzt sind, wohingegen die anderen internen Elektroden-schichten 22 so angeordnet sind, dass sie einer entgegengesetzten Seite 102 der Schicht 11 ausgesetzt sind. Dann sind Seitenelektroden 31, 32, die aus härtbarem Silber bestehen, an den Seiten 101 bzw. 102 der piezoelektrischen Vorrichtung 1 ausgebildet, um die ausgesetzten bzw. exponierten Enden der internen Elektroden-schichten 21, 22 elektrisch zu verbinden.

[0044] Das die Seitenelektroden 31, 32 bildende härtbare Silber (Hartsilber) ist eine Elektrode, die durch Aushärten einer Ag-Paste hergestellt ist, wie nachstehend beschrieben wird, die aus Ag (97%) und Glasfrittenbestandteilen (3%) besteht.

[0045] Wie in den Fig. 1A, 1B gezeigt ist, sind externe Elektroden 34 an den Seitenelektroden 31, 32 mit leitfähigem Klebstoff verbunden. Leitungsdrähte werden als die externen Elektroden 34 verwendet.

[0046] Der leitfähige Klebstoff besteht aus 80% Ag und 20% Epoxidharz.

[0047] Außerdem ist, wie in Fig. 2 gezeigt ist, bei der piezoelektrischen Vorrichtung 1 ein Zentralabschnitt in Stapelrichtung so hergestellt, dass er als ein Antriebsabschnitt 111 funktioniert, sind Abschnitte, die zum Halten des Zentralabschnitts dazwischen angeordnet sind, hergestellt, um als Pufferabschnitte 112 zu funktionieren, und sind Abschnitte, die zum Halten der Pufferabschnitte 112 angeordnet sind, hergestellt, um als Blindabschnitte 113 zu funktionieren.

[0048] Ein Herstellungsverfahren der piezoelektrischen Vorrichtung 1 und ihr genauer Aufbau wird nachstehend beschrieben.

[0049] Die piezoelektrische Vorrichtung 1 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung kann unter Verwendung eines Grünlingverfahrens (Grünblattverfahren) hergestellt werden, das allgemein verwendet wird. Um einen Grünling herzustellen, werden Pulver von Bleioxid, Zirkoniumoxid, Titanoxid, Niobiumoxid, Kalium, Strontium und dergleichen, die Hauptwerkstoffe des piezoelektrischen Materials sind, bei einem bekannten Verfahren abgewogen, um eine gewünschte Zusammensetzung zu erhalten. Außerdem werden unter Berücksichtigung der Verdampfung von Blei die Materialien so zusammengesetzt, dass sie um 1 bis 2% reicher als das stöchiometrische Verhältnis der Zusammensetzung mit dem Mischungsverhältnis werden. Die so zusammengesetzten Materialien werden dann in einer Mischmaschine trocken gemischt und darauf zeitweilig bei einem Temperaturbereich von 800 bis 950°C gebrannt.

[0050] Als nächstes werden reines Wasser und ein Dispersionsmittel zu den zeitweilig gebrannten Pulvern hinzugegeben, um aus ihnen eine Aufschlämmung herzustellen, die dann in einer Perlmühle nass gemahlen wird. Das so Gemahlene wird dann getrocknet und das Pulver wird entfettet, und darauf werden ein Lösungsmittel, ein Binder, ein Weichmacher und ein Dispersionsmittel zum Mischen in einer Kugelmühle hinzugeführt. Dann wird eine Einstellung der Entlüftung und der Viskosität der Aufschlämmung durchgeführt, während sie in einer Rührmaschine in einer Vakuumvorrichtung geführt wird.

[0051] Darauf wird aus der Aufschlämmung ein Grünling (ein Grünlingblatt) einer gewissen Dicke unter Verwendung einer Abstreichklingenvorrichtung ausgebildet.

[0052] Der erhaltene Grünling wird durch eine Pressmaschine gestanzt oder durch eine Schneidmaschine geschnitten, um einen rechteckigen Körper einer vorbestimmten Größe auszubilden. Der so vorbereitete Grünling wird im Allgemeinen für den Antriebsabschnitt, die Pufferabschnitte und die Blindabschnitte verwendet.

[0053] Als nächstes wird ein Muster durch Siebdrucken an der Fläche einer Seite des Grünlings, der gemäß vorstehender Beschreibung ausgebildet ist, unter Verwendung einer aus Silber und Palladium mit einem Mischungsverhältnis von Silber/Palladium = 7/3 zusammengesetzten Paste (im Folgenden als Ag/Pd-Paste bezeichnet) ausgebildet. Die Fig. 3A, 3B zeigen Beispiele von Grünlingen, nachdem die Muster darauf gedruckt sind. Ähnliche Bezugszeichen bezeichnen im Wesentlichen ähnliche Abschnitte zur Vereinfachung.

[0054] Ein Muster 21 (22), das geringfügig kleiner als der Gesamtbereich der Fläche des Grünlings 11 ist, die die piezoelektrische Schicht bildet, ist an der Fläche des Grünlings 11 mit der Ag/Pd-Paste ausgebildet, so dass es als die interne Elektrodenschicht 21 (22) wirkt. Ein Abschnitt 119, an dem die interne Elektrodenschicht 21 (22) nicht ausgebildet ist, ist an einer von entgegengesetzten Schichten der Fläche des Grünlings 11 vorgesehen. Genauer gesagt ist die interne Elektrodenschicht 21 (22) so angeordnet, dass die interne Elektrode 21 (22) einen Endabschnitt (einen Abschnitt, der der Seite 101 oder 102 der piezoelektrischen Vorrichtung 1 entspricht) von einer der entgegengesetzten Seiten des Grünlings 11 nicht erreicht, aber einen Endabschnitt der anderen der entgegengesetzten Seiten davon erreicht.

[0055] Es ist anzumerken, dass zusätzlich zu der Ag/Pd-Paste gemäß dem Ausführungsbeispiel Kupfer, Nickel, Platin, Silber oder eine Kombination dieser Metalle als das Material für die interne Elektrode verwendet werden kann.

[0056] Eine vorbestimmte Anzahl von Grünlingen 11, an

denen die interne Elektrodenschicht 21 (22) ausgebildet ist, werden auf der Grundlage einer erforderlichen Spezifikation für den Verschiebungsbetrag des Antriebsabschnitts 111 und des Pufferabschnitts 112 vorbereitet. Außerdem wird eine erforderliche Anzahl von Grünlingen 12, an denen die interne Elektrodenschicht nicht gedruckt ist, für den Pufferabschnitt 112 und den Blindabschnitt 113 vorbereitet.

[0057] Als nächstes werden diese Grünlinge 11, 12 gestapelt. Fig. 3C zeigt einen Zustand, bei dem die Grünlinge 11, 12 gestapelt sind, und die Figur ist im Wesentlichen eine Explosionsansicht der piezoelektrischen Vorrichtung 1. Es ist anzumerken, dass die Figur hauptsächlich einen Abschnitt der piezoelektrischen Vorrichtung 1 zeigt, der ihrem Antriebsabschnitt entspricht.

[0058] Beim Stapeln der Grünlinge 11, an denen die interne Elektrodenschicht 21 (22) ausgebildet ist, werden die Grünlinge 11 so gestapelt, dass der Abschnitt 119, an dem die Elektrode nicht ausgebildet ist, abwechselnd an der linken und der rechten Seite beim Betrachten der Figur positioniert ist. Gemäß diesem Aufbau bilden die ausgesetzten bzw. exponierten internen Elektrodenschichten 21, die die Seite 101 des Grünlings 11 erreichen, die an der rechten Seite in der Figur gezeigt ist, einen Pol der internen Elektrode, wohingegen die ausgesetzten internen Elektrodenschichten 22, die die andere Seite 102 des Grünlings 11 erreichen, die an der linken Seite in der Figur gezeigt ist, den anderen Pol der internen Elektrode bildet.

[0059] Dann werden an dem zentralen Antriebsabschnitt 111, wie in Fig. 3C gezeigt ist, nur die Grünlinge, an denen die interne Elektrodenschicht 21 (22) ausgebildet ist, verwendet und an dem Pufferabschnitt 112 aufeinander gestapelt, werden die Grünlinge 12, an denen die interne Elektrodenschicht nicht ausgebildet ist, so gestapelt, um zwischen den Grünlingen 11 jeweils zwischengesetzt zu sein, und werden an dem Blindabschnitt 113 nur die Grünlinge, an denen die interne Elektrodenschicht 21 (22) nicht ausgebildet ist, verwendet und aufeinander gestapelt.

[0060] Gemäß diesem Aufbau wird ein in Fig. 2 gezeigter gestapelter Körper vorgesehen.

[0061] Als nächstes werden nach dem Wärmefügen der gestapelten Grünlinge unter Druck unter Verwendung einer Heißwassergummipresse die Grünlinge bei einer Temperatur im Bereich von 400 bis 700°C in einem elektrischen Ofen entfettet und dann bei einer Temperatur im Bereich von 900 bis 1200°C kalziniert.

[0062] Als nächstes werden die Seitenelektroden 31, 32 an den Seiten des gestapelten Körpers durch Aufbringen und Härten der Ag-Paste darauf ausgebildet. Während die Seitenelektroden bei diesem Ausführungsbeispiel durch härtpbares Silber aufgebaut sind, können die Seitenelektroden beispielsweise durch Aushärten der Ag/Pd-Paste ausgebildet werden. Kupfer, Nickel, Platin und Silber/Palladium kann zusätzlich zu der Ag-Paste gemäß diesem Ausführungsbeispiel verwendet werden.

[0063] Die Seitenelektrode 31 an der oberen Seite der piezoelektrischen Vorrichtung 1 in Fig. 1B ist an der Position ausgebildet, an der die internen Elektrodenschichten 21 ausgesetzt bzw. exponiert sind, um die jeweiligen internen Elektrodenschichten 21 elektrisch zu verbinden. Die Elektrode 32 der anderen Seite an der unteren Seite der piezoelektrischen Vorrichtung 1 in der gleichen Figur ist an der Position ausgebildet, an der die internen Elektrodenschichten 22 ausgesetzt sind, um die jeweiligen internen Elektrodenschichten 22 elektrisch zu verbinden.

[0064] Als nächstes werden Beschichtungen an Leitungsdrähten, die als externe Elektroden 34 wirken (Fig. 1B, 4), abgezogen, um mit den Seitenelektroden 31, 32 einem leitfähigen Klebstoff verbunden zu werden. Der leitfähige

Klebstoff wird gebacken bzw. gebrannt, nachdem er darauf aufgebracht ist.

[0065] Darauf wird der gestapelte Körper, an dem die Leitungsdrähte angebracht sind, in eine fluoridierte Deaktivierungsflüssigkeit getaucht (Fluoriniert, Markenbezeichnung von 3M), um eine Gleichspannung zwischen den internen Elektroden 21, 22 über die Leitungsdrähte (externe Elektroden 34) aufzubringen, um dadurch die piezoelektrische Vorrichtung 1 erhalten wird.

[0066] Es ist anzumerken, dass Weichlöten und Hartlöten als Verfahren zum Verbinden der externen Elektroden an den internen Elektroden zusätzlich zu dem in diesem Ausführungsbeispiel verwendeten Verfahren verwendet werden kann. Des weiteren können die externen Elektroden mit den internen Elektroden mit einem elektrisch leitfähigen Klebstoff ohne Verwendung der Seitenelektroden verbunden werden. Darüber hinaus kann ein flacher oder wellenförmiger metallischer Draht als das Material für die externen Elektroden zusätzlich zu dem Leitungsdraht verwendet werden, der in diesem Ausführungsbeispiel verwendet wird.

[0067] Es ist anzumerken, dass der Grünling (die piezoelektrische Schicht) 12, die aus dem gleichen Material besteht, wie das für die piezoelektrische Schicht 11 verwendete, die als Antriebsabschnitt 111 verwendet wird, für den Blindabschnitt 113 verwendet wird, wie vorstehend beschrieben ist, wobei dadurch die Anzahl der verwendeten Materialarten verringert wird, um die Herstellungskosten zu verringern.

[0068] Als nächstes werden, wie in den Fig. 4 bis 7 gezeigt ist, Anstoßelemente 61, 62 in direkten Anstoß mit beiden Endseiten der piezoelektrischen Vorrichtung 1 in ihre Dehnrichtung gebracht und die Anstoßabschnitte 60 werden mit einem Beschichtungselement 4 abgedeckt.

[0069] In diesem Ausführungsbeispiel bestehen die Anstoßelemente 61, 62 aus Aluminiumoxid mit elektrisch isolierenden Eigenschaften. Die jeweiligen Anstoßelemente 61, 62 haben jeweils eine Anstoßfläche mit einem im Wesentlichen dem der piezoelektrischen Vorrichtung ähnlichen Aufbau.

[0070] Es ist anzumerken, dass beispielsweise Siliziumnitrid anstelle von Aluminiumoxid verwendet werden kann. Es ist vorzuziehen, ein Material für die Anstoßelemente 61, 62 zu verwenden, dessen Young-Elastizitätsmodul größer ist, um die erzeugende Kraft der piezoelektrischen Vorrichtung wirksam zu übertragen.

[0071] Außerdem kann ein Metall, wie zum Beispiel Edelstahl, als Anstoßelement verwendet werden, solange ein erforderlicher Isolationsabstand zwischen den Elektroden der piezoelektrischen Vorrichtung und den Anstoßelementen sichergestellt ist.

[0072] Zunächst werden, wie in Fig. 4 gezeigt ist, die Anstoßelemente 61, 62 in direkten Anstoß mit Endseiten 103, 104 der piezoelektrischen Vorrichtung 1 in ihrer Dehnrichtung gebracht und die piezoelektrische Vorrichtung, mit der die Anstoßelemente so anstoßen, wird dann mit einem Paar Fixiereinrichtungen 71, 72 von beiden Seiten in ihrer Dehnungsrichtung gehalten.

[0073] Wie in Fig. 5 gezeigt ist, wird als nächstes ein Beschichtungsmaterial 40 mit einer Fließfähigkeit einem äußeren Umfang des Anstoßabschnitts zwischen der piezoelektrischen Vorrichtung 1 und dem Anstoßelement 61 zugeführt. In diesem Ausführungsbeispiel wird Polyimidharz als das Beschichtungsmaterial 40 verwendet. Es ist anzumerken, dass Epoxidharz, Silikonharz, Polyurethanharz und Fluorgummi für das Polyimidharz verwendet werden kann.

[0074] Wie in Fig. 5 gezeigt ist, wird in diesem Ausführungsbeispiel die Zufuhr des Beschichtungsmaterials 40

durch Verwenden einer Verteilungseinrichtung (Dispenser) 75 durchgeführt. Es ist anzumerken, dass Beschichtungsverfahren mit einem Walzenbeschichter, mit Sprühen und Eintauchen anstelle des Verfahrens angenommen werden können, das die Verteilereinrichtung 75 verwendet.

[0075] Dann wird das Paar Fixiereinrichtungen 71, 72 an der Achse der piezoelektrischen Vorrichtung 1, die sich in ihre Dehnungsrichtung erstreckt, relativ zu dem Zufuhrpunkt des Beschichtungsmaterials 40 gedreht und werden auch relativ zu dem Zufuhrpunkt in axialer Richtung der piezoelektrischen Vorrichtung translatorisch bewegt. In diesem Ausführungsbeispiel werden die vorstehend genannten Bewegungen durch Drehen der Fixiereinrichtung 71 und durch Translationsbewegungen der Verteilereinrichtung 75 realisiert.

[0076] Wie in Fig. 6 gezeigt ist, wird als nächstes die piezoelektrische Vorrichtung 1 in einen Ofen gesetzt, während sie mit den Fixiereinrichtungen 71, 72 dazwischen gehalten ist, und in drei Stufen bei einer Haltemperatur von 90°C für 15 Minuten, 150°C für 15 Minuten und 200°C für 60 Minuten, um zu gestatten, dass das Beschichtungsmaterial 40 aushärtet (bindet), wodurch das Beschichtungsmaterial 4, wie in Fig. 7 gezeigt ist, zum Erhalten der Anstoßbedingungen des piezoelektrischen Elements 1 und der Anstoßelemente 61, 62 ohne Verwenden eines Klebstoffs ausgebildet wird. Es ist anzumerken, dass der vorstehend genannte dreistufige Aushärtungsprozess nur verwendet wird, um die Erzeugung von Rissen zu vermeiden, und dass die erhaltene Dicke des Beschichtungselements 4 100 µm ist.

[0077] Als nächstes wird der Betrieb und die Wirkung des ersten Ausführungsbeispiels nachstehend beschrieben.

[0078] Bei diesem Ausführungsbeispiel, wie es vorstehend beschrieben ist, werden die Anstoßelemente 61, 62 in Anstoß mit den Endseiten der piezoelektrischen Vorrichtung 1 in ihre Dehnungsrichtung gebracht, und die Anstoßbedingungen werden mit dem Beschichtungselement 4 erhalten, und kein Klebstoff wird zwischen die Anstoßelemente 61, 62 und die piezoelektrische Vorrichtung 1 zwischengesetzt.

[0079] Daher können die Dehnungsbewegungen der piezoelektrischen Vorrichtung 1 auf die Anstoßelemente 61, 62 direkt übertragen werden, wobei die hervorragende erzeugte Kraft erhalten werden kann.

[0080] Da zusätzlich die Verbindungsbedingungen der Anstoßelemente 61, 62 an der piezoelektrischen Vorrichtung 1 mit dem Beschichtungselement 4 erhalten werden, können die Anstoßelemente und die piezoelektrische Vorrichtung als ein Stück einfach gehandhabt werden, wobei dadurch die Herstellung vereinfacht wird.

[0081] Außerdem stellt beim Anordnen bzw. Ablagern des Beschichtungselements 4 die Anwesenheit der Anstoßelemente 61, 62 sicher, dass das Vorstehen des Beschichtungselements 4 von den Endseiten 103, 104 der piezoelektrischen Vorrichtung 1 in ihre Dehnungsrichtung verhindert wird, was die Herstellung weitergehend vereinfacht.

[0082] In diesem Ausführungsbeispiel haben die Anstoßflächen der Anstoßelemente 61, 62 und die piezoelektrische Vorrichtung 1 einen im Wesentlichen gleichen Aufbau. Daher kann das Beschichtungselement 4 gleichmäßig an den Anstoßabschnitten angeordnet werden, wo die Anstoßelemente 61, 62 in Anstoß mit der piezoelektrischen Vorrichtung 1 stehen, wodurch die Vereinheitlichung der Elemente besser verwirklicht werden kann. Außerdem kann die zum Zeitpunkt des Dehnens der piezoelektrischen Vorrichtung 1 erzeugte Kraft ohne Verlust auf die Anstoßelemente 61, 62 übertragen werden.

[0083] Da des weiteren in diesem Ausführungsbeispiel Aluminiumoxid mit elektrisch isolierenden Eigenschaften als Anstoßelemente 61, 62 verwendet wird, kann ein Kurz-

schluss oder ein Stromkriechen über die Anstoßelemente verhindert werden. Außerdem kann die Übertragungseffizienz der erzeugten Kraft durch die piezoelektrische Vorrichtung 1 als Folge des hohen Young-Elastizitätsmoduls verbessert werden, der von Aluminiumoxid vorgesehen wird. [0084] Da außerdem bei diesem Ausführungsbeispiel das Beschichtungselement 4 den vollen Umfang der Anstoßabschnitte zwischen der piezoelektrischen Vorrichtung 1 und den jeweiligen Anstoßelementen 61, 62 bedeckt, können die Anstoßbedingungen zwischen der piezoelektrischen Vorrichtung 1 und den Anstoßelementen 61, 62 stärker aufrecht erhalten werden. Da darüber hinaus nicht nur die Anstoßabschnitte sondern auch der gesamte äußere Umfang der piezoelektrischen Vorrichtung 1 mit dem Beschichtungselement 4 bedeckt ist, können sichere Isolationsbedingungen einfach erhalten werden.

[0085] Fig. 8 ist eine Schnittansicht eines abgewandelten Beispiels der piezoelektrischen Vorrichtung 1 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Wie aus diesem abgewandelten Beispiel erkennbar ist, kann das Beschichtungselement 4 bis zu den Endseiten der Anstoßelemente 61, 62 angeordnet sein. Fig. 9 ist eine Schnittansicht eines weiteren abgewandelten Beispiels der piezoelektrischen Vorrichtung 1 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Wie aus diesem abgewandelten Beispiel erkennbar ist, kann eine Elektrode, die der internen Elektroden-schicht 21, 22 ähnlich ist, an zumindest einer der Endseiten 103, 104 der piezoelektrischen Vorrichtung 1 ausgebildet sein.

Zweites Ausführungsbeispiel

[0086] Wie in Fig. 10 gezeigt ist, sind gemäß diesem Ausführungsbeispiel Anstoßelemente 63, 64 vorgesehen, deren Querschnitte entlang ihrer Längsrichtung variieren. Die anderen Merkmale davon sind denjenigen des ersten Ausführungsbeispiels gleich.

[0087] Für diesen Fall können die Anstoßelemente 63, 64 beispielsweise als Kolben verwendet werden. Außerdem kann ein ähnlicher Betrieb und eine ähnliche Effektivität wie diejenige des ersten Ausführungsbeispiels erhalten werden.

Drittes Ausführungsbeispiel

[0088] Wie in Fig. 11 gezeigt ist, ist gemäß diesem Ausführungsbeispiel das Anstoßelement 62 nur an der einen Endseite 104 der piezoelektrischen Vorrichtung 1 angeordnet. Die anderen Merkmale bleiben die gleichen wie diejenigen, die mit Bezug auf das erste Ausführungsbeispiel beschrieben sind.

[0089] Während für diesen Fall die Wirkung, die erhalten wird, wenn die Anstoßelemente an den Endseiten der piezoelektrischen Vorrichtung 1 vorgesehen sind, nicht erhalten werden kann, wie sie ist, wird ein Vorteil dahingehend erhalten, dass die Länge der piezoelektrischen Vorrichtung 1 verringert werden kann.

Viertes Ausführungsbeispiel

[0090] Wie in den Fig. 12 bis 15 gezeigt ist, sind gemäß diesem Ausführungsbeispiel einige Beispiele vorgesehen, bei denen das Beschichtungselement 4 nicht an den Anstoßabschnitten zwischen den Anstoßelementen 61, 62 und der piezoelektrischen Vorrichtung 1 angeordnet sind, und auch nicht um den vollen Umfang der piezoelektrischen Vorrichtung, sondern wobei es teilweise daran angeordnet ist.

[0091] Fig. 12 ist eine Schnittansicht, und in einem dort

gezeigten Beispiel ist das Beschichtungselement 4 um den vollen Umfang des Anstoßabschnitts zwischen den Anstoßelementen 61, 62 und der piezoelektrischen Vorrichtung 1 angeordnet, und um den vollen Umfang des Abschnitts der piezoelektrischen Vorrichtung 1, an dem die internen Elektroden-schichten 21, 22 vorhanden sind, und Abschnitte 48 sind dazwischen vorgesehen, an denen das Beschichtungselement nicht vorhanden ist.

[0092] Fig. 13 ist eine Seitenansicht, und bei einem in dieser Figur gezeigten Beispiel ist der Anstoßabschnitt 60 teilweise mit dem Beschichtungselement 4 abgedeckt, und Abschnitte 48, an dem kein Beschichtungselement vorhanden ist, sind an Bereichen an dem Anstoßabschnitt 60 vorgesehen.

[0093] Fig. 14 ist ebenso eine Seitenansicht, und bei einem in dieser Figur gezeigten Beispiel ist der Umfang der piezoelektrischen Vorrichtung 1 teilweise mit dem Beschichtungselement 4 bedeckt, und Abschnitte 48, an dem kein Beschichtungselement vorhanden ist, sind an Bereichen an dem äußeren Umfang der piezoelektrischen Vorrichtung vorgesehen.

[0094] Fig. 15 ist ebenso eine Seitenansicht, und bei diesem Ausführungsbeispiel, das in dieser Figur gezeigt ist, sind der Umfang der piezoelektrischen Vorrichtung 1 und der Anstoßabschnitte beide mit dem Beschichtungselement 4 teilweise bedeckt, und Abschnitte 48, an denen kein Beschichtungselement vorhanden ist, sind daran an Bereichen vorgesehen.

[0095] Für diese Fälle können auch der Betrieb und die Effektivität ähnlich denjenigen des ersten Ausführungsbeispiels erhalten werden.

Fünftes Ausführungsbeispiel

[0096] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird die piezoelektrische Vorrichtung 1 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zum Antreiben einer Einspritzvorrichtung verwendet.

[0097] Wie in Fig. 16 gezeigt ist, wird eine Einspritzvorrichtung 5 an einem Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem (Einspritzsystem mit gemeinsamer Leitung) zum Einspritzen von in einer gemeinsamen Leitung gespeicherten Hochdruckkraftstoffs in jeden Zylinder eines Verbrennungsmotors verwendet. In der gleichen Figur ist ein Zylinder 552 an einem unteren Endabschnitt eines Ventilgehäuses 551 so vorgesehen, dass eine Düsenadel 56 gleitfähig darin eingebaut ist. Ein entfernter Endabschnitt der Düsenadel wird in Anstoß mit einem Einspritzloch 553 an einem entfernten Endabschnitt des Ventilgehäuses 551 gebracht, um dadurch das Loch zu schließen.

[0098] Eine Steuerkammer 57 ist an einem oberen Endabschnitt an dem Zylinder 552 zum Aufbringen des Drucks auf die Düsenadel 56 in eine Ventilschließrichtung ausgebildet, und wenn der Öldruck innerhalb der Steuerkammer 57 schwankt, bewegt sich die Düsenadel 56 innerhalb des Zylinders 552. Außerdem ist eine Feder 554 innerhalb der Steuerkammer 57 zum Vorspannen der Düsenadel in Ventilschließrichtung vorgesehen. Der Durchmesser einer unteren Hälfte der Düsenadel 56 ist geringfügig verringert, um einen ringförmigen Raum zwischen ihrer unteren Hälfte und dem Zylinder 552 auszubilden, so dass der ringförmige Raum ein Kraftstoffreservoir 556 bildet, das mit einem Hochdruckdurchgang 555 in Verbindung steht.

[0099] Ein Drei-Wege-Ventil 54 zum Verändern bzw. zum Modifizieren des Drucks in der Steuerkammer 57 ist an einem mittleren Abschnitt des Ventilgehäuses 551 vorgesehen. Das Drei-Wege-Ventil 54 hat eine Ventilkammer 542, die wiederum einen Auslaufanschluss 543 als einen Nieder-

druckanschluss an einem oberen Endabschnitt davon und einen Hochdruckanschluss 544 an einem unteren Endabschnitt davon hat, wobei ebenso ein kugelförmiges Ventilelement 541 in der Ventilkammer 542 vorgesehen ist, um den Auslaufanschluss 543 oder den Hochdruckanschluss 544 zu öffnen und/oder zu schließen. Der Auslaufanschluss 543 steht mit einem Niederdruckabschnitt eines Systems, das nicht gezeigt ist, über einen Auslaufdurchgang 557 in Verbindung, der ein Niederdruckdurchgang ist, wohingegen der Hochdruckanschluss 544 in Verbindung mit einer externen Hochdruckkraftstoffquelle (eine gemeinsame Leitung bzw. Common Rail) über einen Hochdruckdurchgang 555 steht.

[0100] Das Ventilelement 541 wird durch ein piezoelektrisches Betätigungsglied 58 angetrieben, das innerhalb des oberen Endabschnitts in dem Ventilgehäuse 551 eingebaut ist. Das piezoelektrische Betätigungsglied 58 hat die vorstehend genannte piezoelektrische Vorrichtung 1, die geeignet ist, sich auszudehnen oder sich zusammen zu ziehen, wenn eine bestimmte Spannung darauf aufgebracht wird, und einen piezoelektrischen Kolben 582, der geeignet ist, innerhalb eines Zylinders 584 zu gleiten, wenn das Anstoßelement 61, das an der piezoelektrischen Vorrichtung 1 angebracht ist, in Anstoß damit gebracht wird, und ein Stab 583, der sich von einem Zentralabschnitt an einer unteren Endseite des piezoelektrischen Kolbens 582 erstreckt, tritt durch den Hochdruckanschluss 544 hindurch, um gegen das Ventilelement 541 anzustoßen. Wenn der piezoelektrische Kolben 582 dann fluktuert bzw. sich verändert, wenn die piezoelektrische Vorrichtung 1 sich ausdehnt und zusammenzieht, fluktuert der Stab 583, der einstückig mit dem Kolben ausgeführt ist, ebenso. Wenn der Stab 583 fluktuert, wird das Ventilelement 541 in Anstoß mit einer abgeschrägten Sitzfläche 543a gebracht, die den Auslaufanschluss 543 erreicht, oder einer abgeschrägten Sitzfläche 544a, die den Hochdruckanschluss 544 erreicht, wobei die Anschlüsse 543, 544 wahlweise geschlossen werden.

[0101] Eine konische Scheibenfeder 585 ist innerhalb des Zylinders 584 unterhalb des piezoelektrischen Kolbens 582 zum Vorspannen der piezoelektrischen Vorrichtung 1 nach oben (in Kontraktionsrichtung) über den piezoelektrischen Kolben 582 angeordnet.

[0102] Zusätzlich ist ein Leitungsdraht 586 zum Aufbringen einer Spannung an einer oberen Endseite der piezoelektrischen Vorrichtung 1 verbunden. Der Leitungsdraht ist elektrisch mit den vorstehend genannten zwei externen Elektroden 34 verbunden.

[0103] Eine Hauptöffnung 561 ist zwischen einer oberen Endseite der Steuerkammer 57 und einer Seite der Ventilkammer 542 ausgebildet, und es wird verursacht, dass die Steuerkammer 57 und die Ventilkammer 542 normalerweise über diese Hauptöffnung 561 in Verbindung stehen. Genauer gesagt schafft die Steuerkammer 57 wahlweise eine Verbindung zwischen dem Auslaufdurchgang 557 oder dem Hochdruckdurchgang 555 in Abhängigkeit von der Sitzposition des Ventilelements 541, wodurch verursacht wird, dass der Öldruck, der an der Düsennadel 56 wirkt, schwankt bzw. fluktuert.

[0104] Andererseits steht die Steuerkammer 57 normalerweise mit dem Hochdruckdurchgang 555 über eine untergeordnete Öffnung 562 in Verbindung, die an einer Seite davon geöffnet ist und ausgelegt ist, um den Hochdruckkraftstoff von dem Hochdruckdurchgang 555 durchgängig einzuführen. Bei diesem Ausführungsbeispiel kann die Absinkgeschwindigkeit des Öls in der Steuerkammer 57, das auf die Düsennadel 56 aufgebracht werden soll, aufgrund der Wirkung der untergeordneten Öffnung 562 verringert werden, wohingegen die Anstiegsgeschwindigkeit davon durch sel-

bige erhöht werden kann. Es ist vorzuziehen, den Durchmesser der untergeordneten Öffnung 562 gleich oder kleiner als denjenigen der Hauptöffnung 561 zu setzen.

[0105] Der Betrieb der Einspritzvorrichtung 5, die aufgebaut ist wie vorstehend beschrieben ist, wird kurz beschrieben.

[0106] In einem in Fig. 6 gezeigten Zustand stößt das Ventilelement 541 des Drei-Wege-Ventils 54 gegen eine obere Sitzfläche 543a an, um den Auslaufanschluss 543 zu schließen, und hält den Hochdruckanschluss 544 offen. Die Steuerkammer 57 steht in Verbindung mit dem Hochdruckdurchgang 555 über die Hauptöffnung 561 und die untergeordnete Öffnung 562, wodurch die Düsennadel 56 der Öldruckkraft innerhalb der Steuerkammer 57 und der Vorspannkraft der Feder 554 ausgesetzt wird, um ein Einspritzloch 553 zu schließen.

[0107] Beim Öffnen der Düsennadel 56 von diesem Zustand ausgehend wird eine Spannung auf die piezoelektrische Vorrichtung 1 des piezoelektrischen Betätigungsglieds 58 über den Leitungsdraht 586 aufgebracht, um zu verursachen, dass sich die piezoelektrische Vorrichtung 1 gegen die Federkraft der konischen Scheibenfeder 585 dehnt. Dann schiebt der Stab 583 des piezoelektrischen Kolbens 582 das Ventilelement 541 aufwärts, das gegen die obere Sitzfläche 543a angestoßen ist, die den Auslaufanschluss 543 erreicht, um den Auslaufanschluss 543 zu öffnen, und bringt dann das Ventilelement 541 in Anstoß mit der unteren Sitzfläche 544a, um den Hochdruckanschluss 544 zu schließen, wodurch verursacht wird, dass die Steuerkammer 57 mit dem Niederdruckdurchgang 557 in Verbindung steht, und Kraftstoff strömt über die Hauptöffnung 561 und die Ventilkammer 542 aus, wobei der Öldruck innerhalb der Steuerkammer 57 dadurch abgesenkt wird.

[0108] Als nächstes wird beim Schließen der Düsennadel 56 die auf die piezoelektrische Vorrichtung 1 des piezoelektrischen Betätigungsglieds 58 aufgebrachte Spannung abgesenkt. In Verbindung damit zieht sich die piezoelektrische Vorrichtung 1 zusammen und der piezoelektrische Kolben 582 wird aufgrund der Federkraft der zweiten konischen Scheibenfeder 585 angehoben, wodurch der aufwärts gerichtete Öldruck des Hochdruckanschlusses 544 auf das Ventilelement 541 aufgebracht wird. Dann bewegt sich das Ventilelement 541 von der unteren Sitzfläche 544a weg, um den Hochdruckanschluss 544 zu öffnen, und das Ventilelement 541 bewegt sich weitergehend, um gegen die obere Sitzfläche 543a anzustoßen, um den Auslaufanschluss 543 zu schließen, wodurch es gestattet wird, dass die Steuerkammer 57 mit dem Hochdruckdurchgang 555 in Verbindung steht, und dass der Öldruck innerhalb der Steuerkammer 57 durch den dorthinein über die Hauptöffnung 561 einströmenden Hochdruckkraftstoff erhöht wird.

[0109] Da die Steuerkammer 57 normalerweise in Verbindung mit dem Hochdruckdurchgang 555 über die untergeordnete Öffnung 562 steht, wird es dem Hochdruckkraftstoff gestattet, in die Steuerkammer 57 sowohl von der Hauptöffnung 561 als auch der untergeordneten Öffnung 562 zu strömen. Folglich steigt der Öldruck in der Steuerkammer 57 abrupt an, und wenn der Ölgesamtdruck in der Steuerkammer 57 und die Vorspannkraft der Feder 554 den Öldruck in dem Kraftstoffreservoir 556 übersteigt, fällt die Düsennadel 56 abrupt, wodurch die Düsennadel 56 rasch zum Anhalten der Einspritzung des Kraftstoffs geschlossen werden kann.

[0110] Ein bemerkenswertes Merkmal dieses Ausführungsbeispiels ist es, dass, wie mit Bezug auf das erste Ausführungsbeispiel beschrieben ist, die Anstoßelemente 61, 62 mit der piezoelektrischen Vorrichtung 1 mit dem Beschichtungselement 4 verbunden sind, ohne dass jeglicher Kleb-

stoff verwendet wird, wodurch die in der piezoelektrischen Vorrichtung 1 erzeugte Kraft, wenn sie sich ausdehnt oder zusammenzieht, direkt auf das Ventilelement 541 effizient übertragen werden kann, wobei es dadurch möglich wird, das Hochgeschwindigkeitsansprechverhalten der Einspritzvorrichtung 5 zu verbessern. Da außerdem die Anstoßelemente 61, 62 einstückig an der piezoelektrischen Vorrichtung 1 mit dem Beschichtungselement 4 vorgesehen sind, kann die piezoelektrische Vorrichtung 1 einfach mit der Einspritzvorrichtung 5 zusammengebaut werden.

Sechstes Ausführungsbeispiel

[0111] Dieses Ausführungsbeispiel zeigt abgewandelte Beispiele des Querschnittsaufbaus der piezoelektrischen Vorrichtung 1 gemäß jedem der vorstehend genannten Ausführungsbeispiele.

[0112] Wie in den Fig. 2 und 3A bis 3C gezeigt ist, hat nämlich die piezoelektrische Vorrichtung 1 einen rechteckigen Querschnittsaufbau. Dagegen kann der Querschnitt der piezoelektrischen Vorrichtung 1 einen polygonalen Aufbau, wie in Fig. 17A gezeigt ist, oder einen tonnenförmigen Aufbau haben, wie in Fig. 17B gezeigt ist.

[0113] Für jeden dieser Fälle kommt der Aufbau einem kreisförmigen Aufbau näher als für den Fall, bei dem der Querschnitt rechteckig ist, und Platzverschwendung kann verringert werden, die anderenfalls vorliegen würde, wenn die piezoelektrische Vorrichtung 1 in einem kreisförmigen Raum eingebaut würde, wobei es dadurch möglich wird, eine kompaktere Einspritzvorrichtung vorzusehen.

[0114] Während die Erfindung unter Bezugnahme auf spezifische Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, die zum Zweck der Darstellung ausgewählt wurden, ist es offensichtlich, dass vielzählige Abwandlungen durch den Fachmann ohne Abweichen von dem Grundgedanken und dem Anwendungsbereich der Erfindung angewendet werden können.

[0115] Somit hat die gestapelte piezoelektrische Vorrichtung 1 mit der Vielzahl von piezoelektrischen Schichten, die aufeinander gestapelt sind, hat das Anstoßelement 61, 62, das in direkten Anstoß mit zumindest einer Endseite 101, 102 der piezoelektrischen Vorrichtung 1 in einer Dehnungsrichtung gebracht wird, und das Beschichtungselement 4, das elektrisch isolierende Eigenschaften hat und das den Anstoßabschnitt 60 zwischen dem Anstoßelement 61, 62 und der piezoelektrischen Vorrichtung 1 abdeckt, so dass die Anstoßbedingung des Anstoßelements und der piezoelektrischen Vorrichtung aufrecht erhalten werden kann.

Patentansprüche

1. Piezoelektrische Vorrichtung der Stapelbauart mit einer Vielzahl von piezoelektrischen Schichten und Elektroden-schichten, die abwechselnd gestapelt sind, wobei die piezoelektrische Vorrichtung der Stapelbauart folgendes aufweist:
ein Anstoßelement, das in direkten Anstoß mit zumindest einer Endseite der piezoelektrischen Vorrichtung in ihre Dehnungsrichtung bringbar ist; und
ein Beschichtungselement, das elektrisch isolierende Eigenschaften hat, das zumindest einen Teil des Anstoßabschnittes zwischen dem Anstoßelement und der piezoelektrischen Vorrichtung so abdeckt, dass der Zustand aufrecht erhalten wird, bei dem das Anstoßelement und die piezoelektrische Vorrichtung in Anstoß miteinander sind.
2. Piezoelektrische Vorrichtung der Stapelbauart gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die

Anstoßflächen der piezoelektrischen Vorrichtung und der Anstoßelemente im Wesentlichen einander ähnlich sind.

3. Piezoelektrische Vorrichtung der Stapelbauart gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Anstoßelemente elektrisch isolierende Eigenschaften haben.

4. Piezoelektrische Vorrichtung der Stapelbauart gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Beschichtungselement den vollständigen Umfang des Anstoßabschnitts zwischen der piezoelektrischen Vorrichtung und den Anstoßelementen bedeckt.

5. Piezoelektrische Vorrichtung der Stapelbauart gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Beschichtungselement den Anstoßabschnitt zwischen der piezoelektrischen Vorrichtung und den Anstoßelementen sowie die gesamte Fläche des äußeren Umfangs der piezoelektrischen Vorrichtung bedeckt.

6. Piezoelektrische Vorrichtung der Stapelbauart gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Seitenelektroden an zwei entgegengesetzten Seiten der piezoelektrischen Vorrichtung angeordnet sind, und wobei das Beschichtungselement zumindest die Seitenelektroden vollständig abdeckt.

7. Piezoelektrische Vorrichtung der Stapelbauart gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die piezoelektrische Vorrichtung geeignet ist, für ein Betätigungsglied zur Verwendung beim Antreiben einer Einspritzvorrichtung verwendet zu werden.

8. Herstellungsverfahren einer piezoelektrischen Vorrichtung der Stapelbauart mit einer Vielzahl von piezoelektrischen Schichten und Elektroden-schichten, die abwechselnd gestapelt sind, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Bringen eines Anstoßelements in direkten Anstoß mit zumindest einer Endseite der piezoelektrischen Vorrichtung in ihre Ausdehnungsrichtung und Klemmen der piezoelektrischen Vorrichtung mit einem Paar Fixiereinrichtungen von beiden Enden der piezoelektrischen Vorrichtung in ihre Dehnungsrichtung,
Zuführen eines Beschichtungsmaterials mit einer Fließfähigkeit zu zumindest einem äußeren Umfang des Anstoßabschnitts des Anstoßelements zu der piezoelektrischen Vorrichtung, und
Gestatten des Abbindens des Beschichtungsmaterials, um dadurch ein Beschichtungselement zum Aufrechterhalten der Anstoßbedingung des Anstoßelements an der piezoelektrischen Vorrichtung auszubilden.

9. Herstellungsverfahren einer piezoelektrischen Vorrichtung der Stapelbauart gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Paar Fixiereinrichtungen an einer Achse der piezoelektrischen Vorrichtung, die sich in ihre Dehnungsrichtung erstreckt, relativ zu einem Zuführungspunkt des Beschichtungsmaterials gedreht wird, und wobei das Paar Fixiereinrichtungen ebenso relativ zu dem Zuführungspunkt des Beschichtungsmaterials translatorisch bewegt wird.

10. Herstellungsverfahren einer piezoelektrischen Vorrichtung der Stapelbauart gemäß Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Beschichtungsmaterial Epoxidharz, Polyimidharz, Silikonharz, Fluor-gummi und/oder Polyurethanharz ist.

Hierzu 14 Seite(n) Zeichnungen

Fig.1A

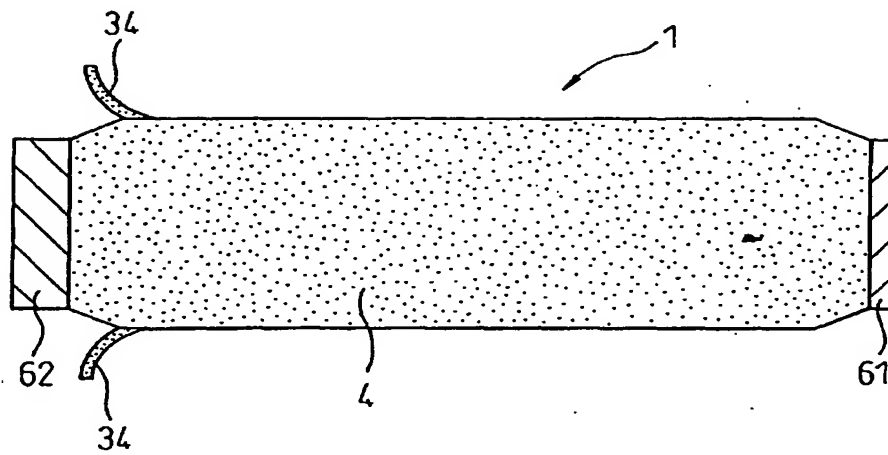


Fig.1B

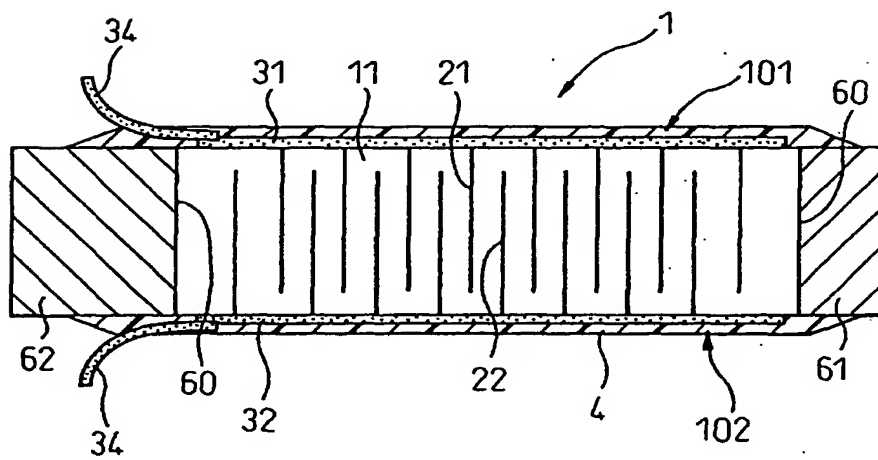


Fig. 2

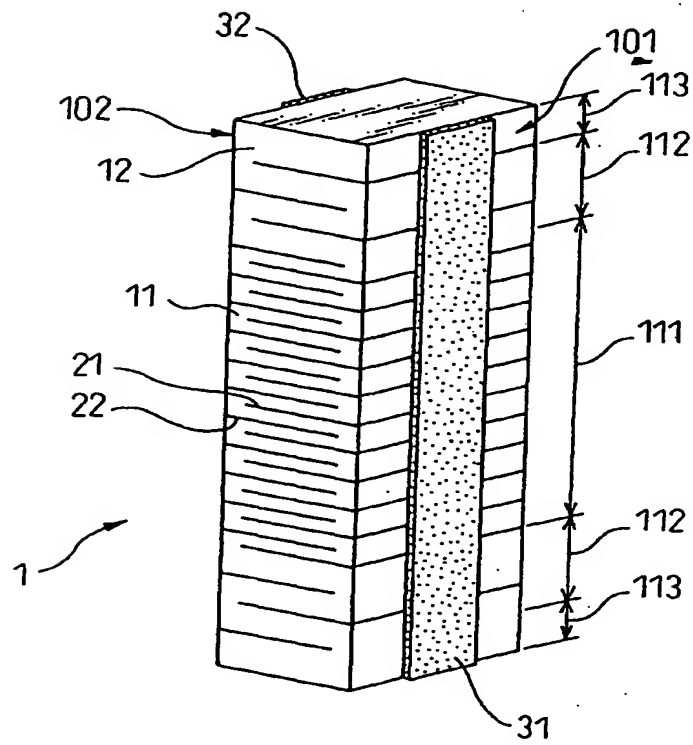


Fig. 3A

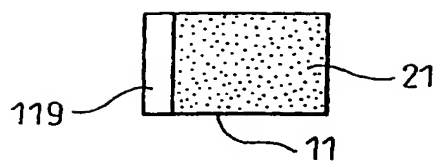


Fig. 3B

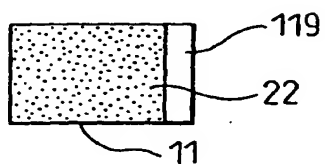


Fig. 3C

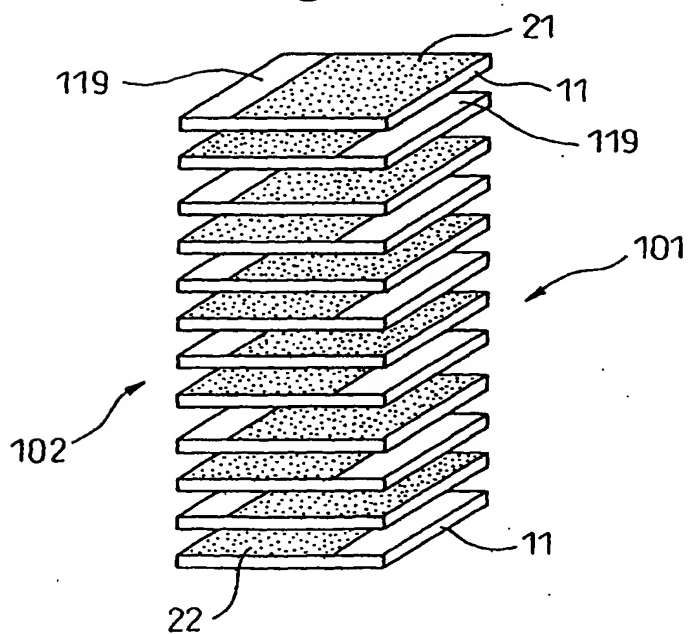


Fig. 4

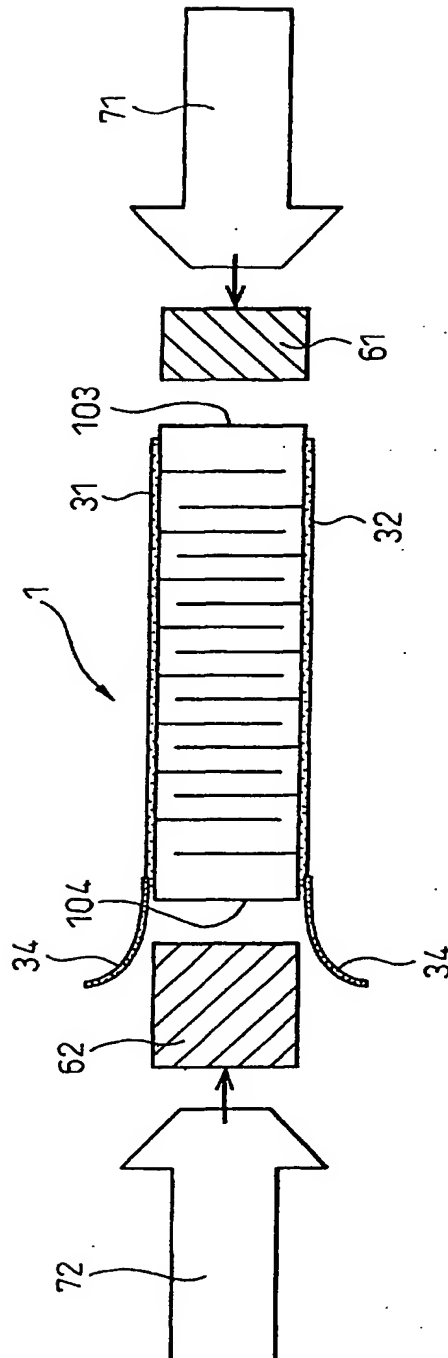


Fig.5

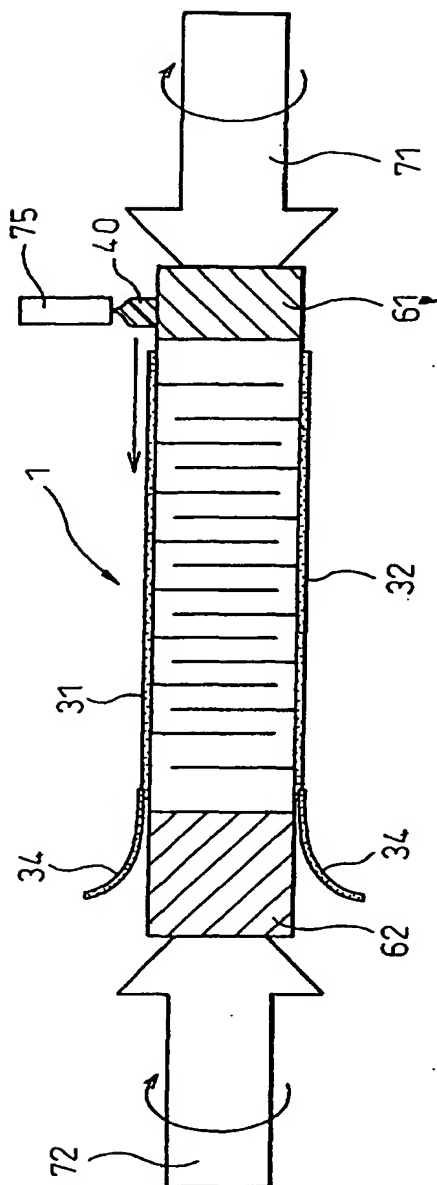


Fig.6

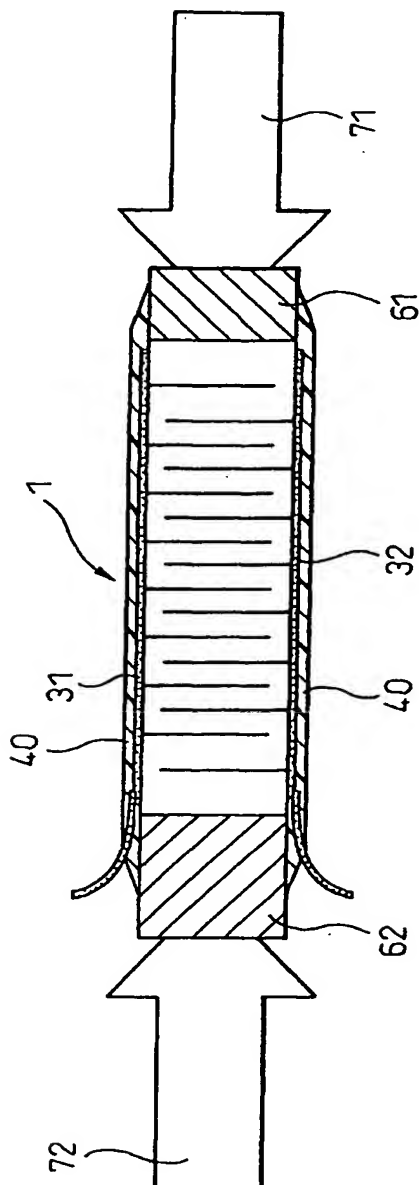


Fig.7

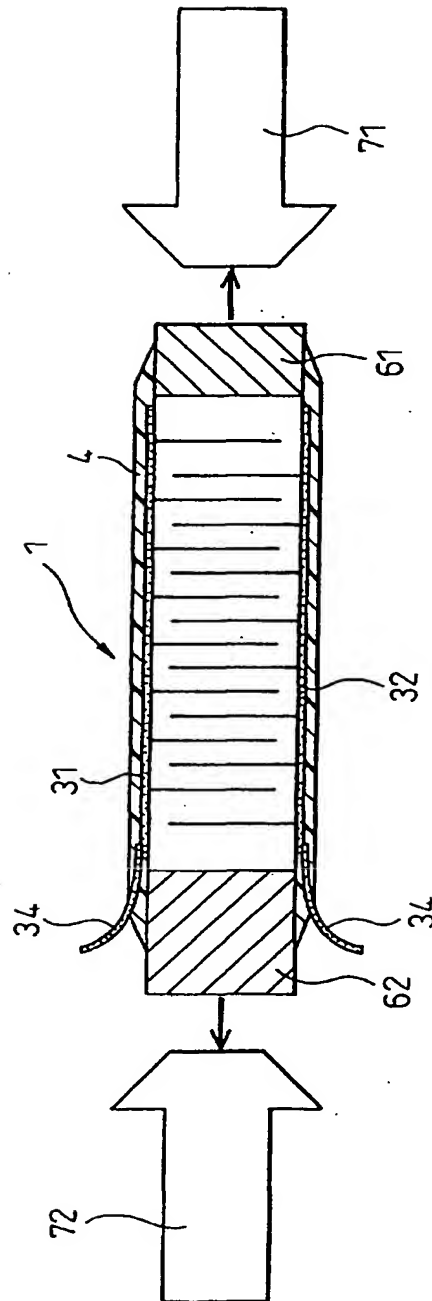


Fig.8

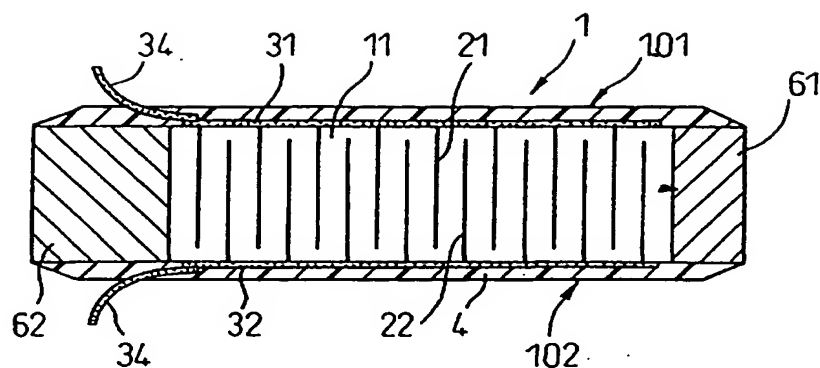


Fig.9

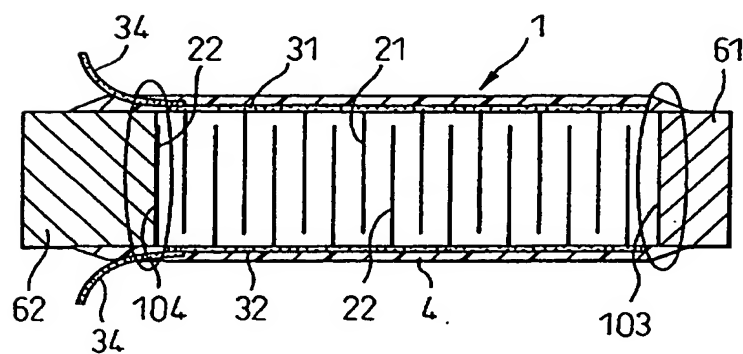


Fig.10

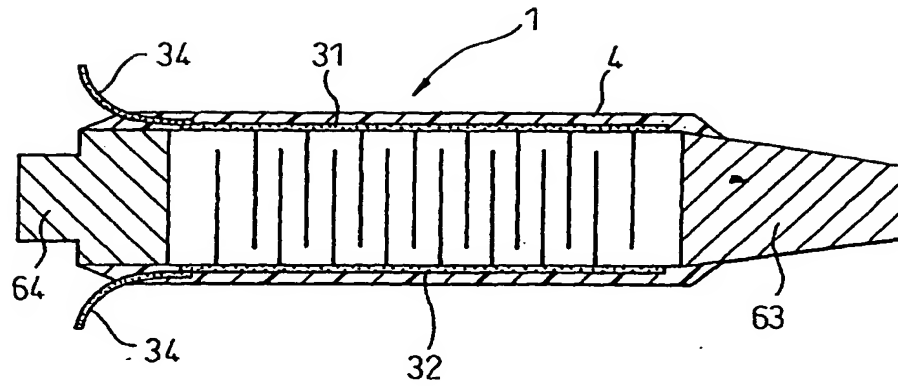


Fig.11

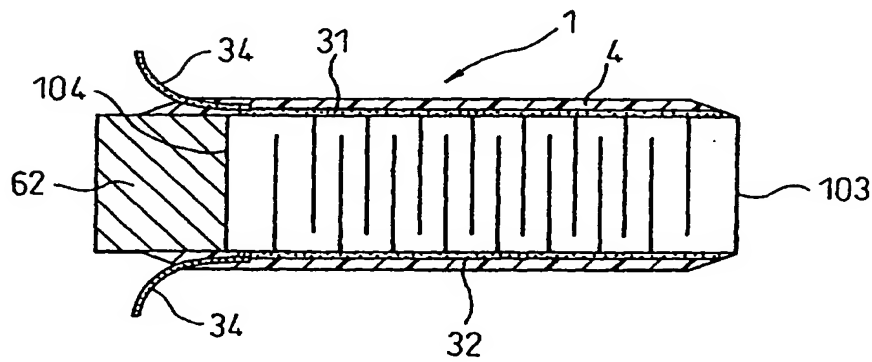


Fig.12

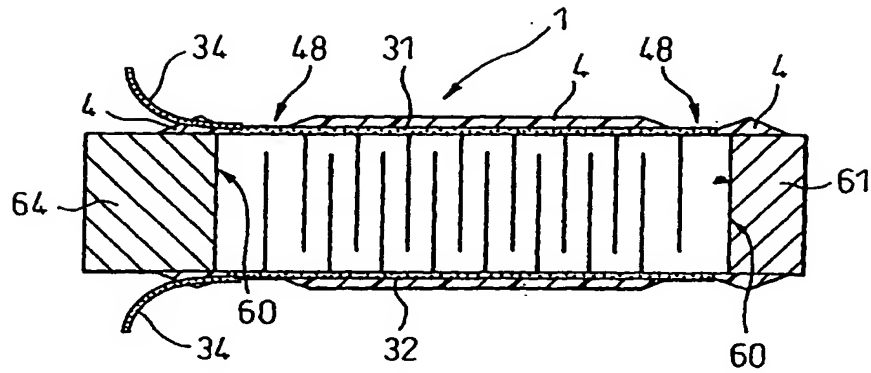


Fig.13

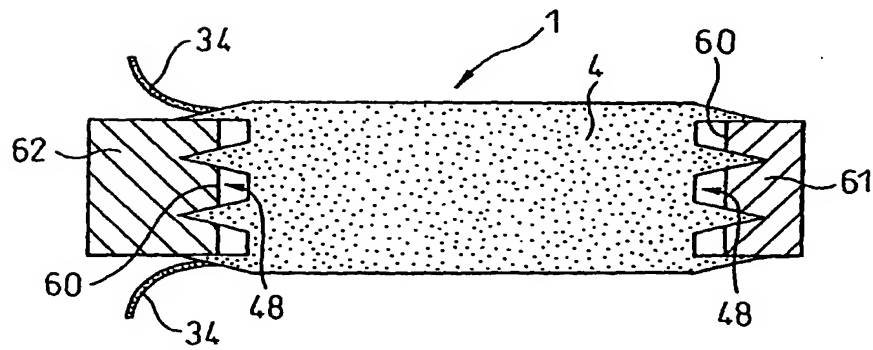


Fig.12

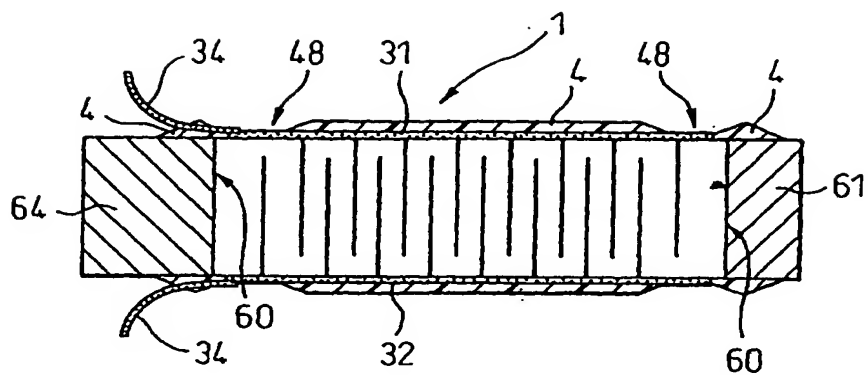


Fig.13

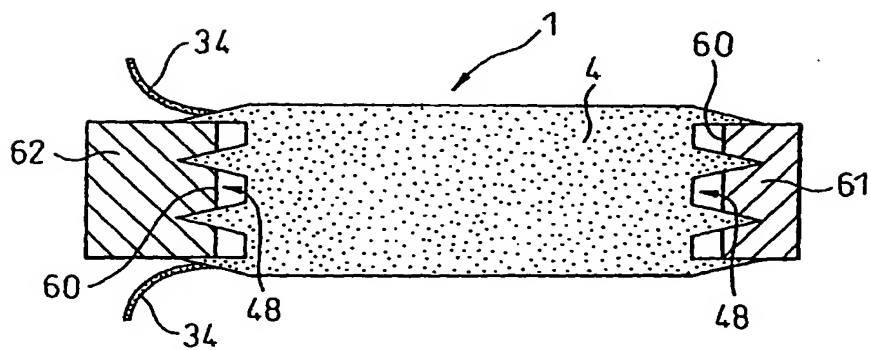


Fig.14

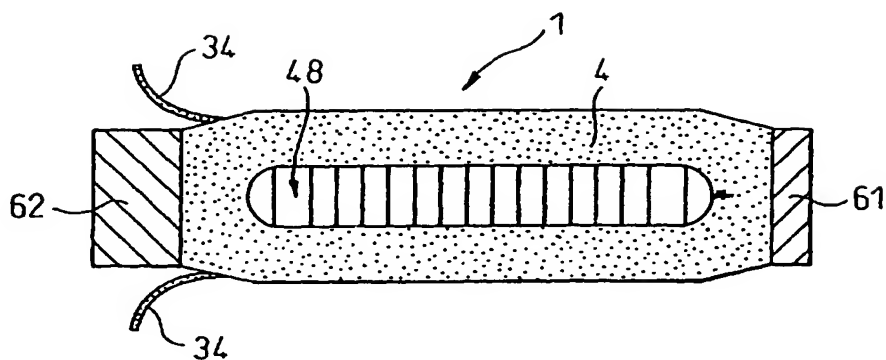


Fig.15

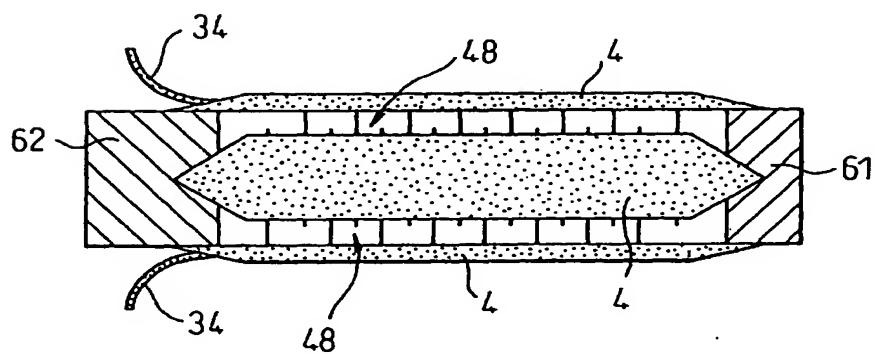


Fig.16

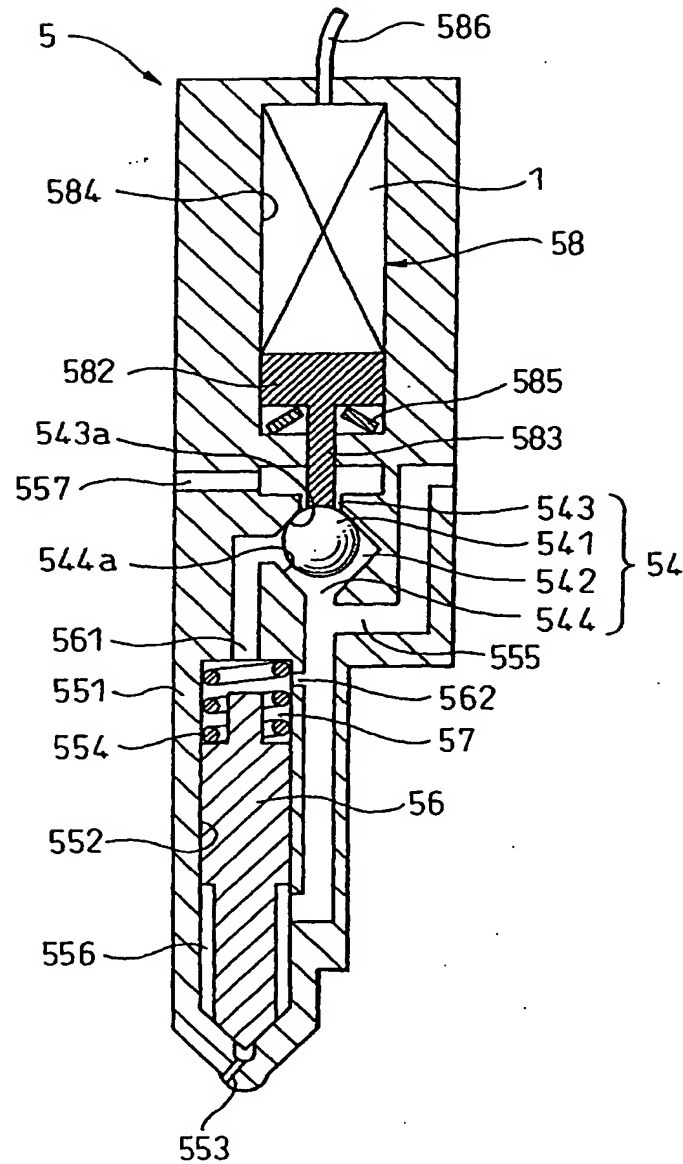


Fig.17A

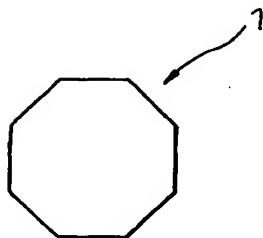


Fig.17B

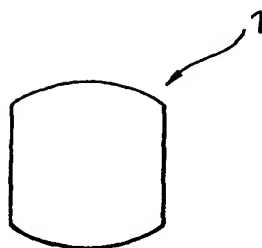


Fig.18

STAND DER TECHNIK

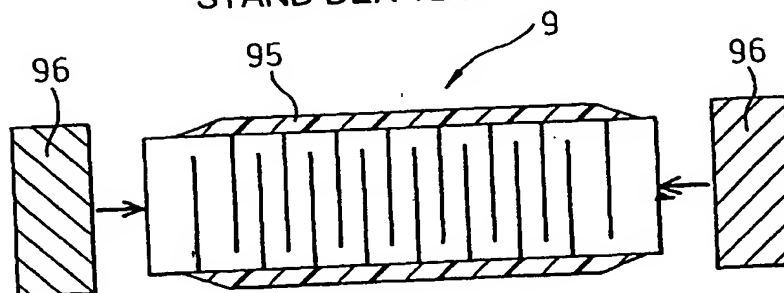
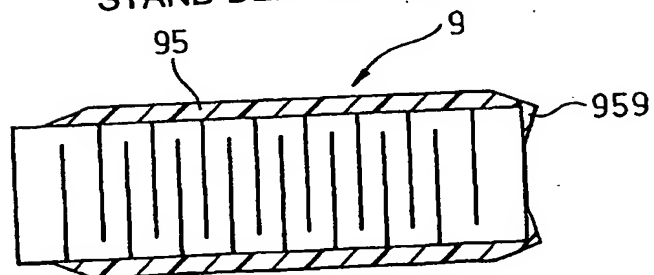


Fig.19

STAND DER TECHNIK



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.